129-138, 2002

10 簡易高光譜影像拍攝系統之研發與應用

申 雍[1] 李裕娟[2]
[1]國立中興大學土壤環境科學系
[2]行政院農業委會農業試驗所農藝組
E-mail:yshen@nchu.edu.tw

摘 要 －－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－ 130
壹、前 言 －－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－ 130
貳、材料與方法 －－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－ 131
參、結果與討論 －－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－ 131
肆、引用文獻 －－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－ 136

10　簡易高光譜影像拍攝系統之研發與應用

申　雍[1]　李裕娟[2]

[1]國立中興大學土壤環境科學系

[2]行政院農業委員會農業試驗所農藝組

E-mail:yshen@nchu.edu.tw

摘　要

高光譜影像可提供的作物訊息遠較多光譜影像豐富，適合用於判別作物所遭受的逆境種類與程度。目前國外已開發的高光譜影像拍攝系統多需裝設於飛機上，且還未引進國內，因此國內許多應該利用高光譜影像進行的精準農業研究工作乃遭遇瓶頸。本研究目標主要在開發可架設於近地面載具上之簡易高光譜影像拍攝系統，以獲取必要的高光譜影像，提供作爲進一步發展精準農業相關研究的基礎。本系統硬體部分係利用Electrim EDC-1000L Monochrome CCD，Canon PHF6 1.4 Lens，Andover Bandpass Filter，及Advantech PCA6145L Single board computer組成而成；軟體部分則由Electrim CCD控制軟體Lvesa與自行撰寫的影像處理軟體所組成。本系統目前係利用高空作業車於15公尺高度(作業車升高極限)拍攝所需之田間高光譜影像。於田間利用研發之高光譜拍攝系統所拍攝之730和740nm影像，進行微分等效處理後，可以區別田間水稻接受氮肥處理後的效應，此爲本系統的應用實例之一。

關鍵詞：高光譜影像、遙感探測、波段濾鏡、精準農業。

壹、前 言

LandSat、SPOT、IKONOS等目前常用資源衛星之影像的空間解析力雖已大幅改善，但是其多光譜影像(multispectral image)的波譜解析力仍然維持有數十nm的波段寬度，因此影像中有關地表物體反射光譜中細微變化的資訊多已消失。高光譜影像(hyperspectral image)的波譜解析力通常可達數nm的尺度，因此可提供的作物訊息遠較多光譜影像豐富，也比較適合用於判別作物所遭受的逆境種類與程度(Lillesand and Kiefer, 2000)。由於同時具有高空間解析度之高光譜影像的資料量非常龐大，因此國外已開發的高光譜影像拍攝系統仍多裝設於飛機上，且還未引進國內。

國內自兩年前開始進行精準農業相關

研究後，除已累積相當豐富的地面反射光譜資料外，也已逐步利用地面反射光譜研發鑑別作物營養狀態(申等，2000)、病蟲害程度(楊等，2001)、…等的遙測模式。由於這些模式通常利用植被反射光譜中的細微變化進行鑑別的工作，需要有高光譜影像才能繼續在田間進行相關的驗證與遙測模式修正等工作，因而精準農業的相關研發工作乃遭遇瓶頸。

本研究之研究目標即爲開發可架設於近地面載具上之簡易高光譜影像拍攝系統，藉以獲取田間必要的高光譜影像，以驗證由地面反射光譜測定所開發的遙測模式，並可提供作爲研發以航遙測載具或近地面農機偵測作物生長性狀之感測器的基礎。

貳、材料與方法

本研究包含硬體設備組裝、相關軟體開發、與田間測試三大部分。所使用的硬體設備包含單色數位相機(EDC-1000L，Electrim)，光學鏡頭(PHF6 1.4，Canon)，窄波段濾鏡(730FS10-50，740FS10-50，Andover)與單板電腦(PCA6145L，Advantech)。所使用的軟體包含數位相機拍攝控制程式(Lvesa，Electrim)與自行撰寫的影像處理程式(EDCana)，內含幾何校正、輻射校正、重新取樣、稻株氮營養計算等模組。

田間測試部分於農試所精準試驗田區中之氮肥用量處理試驗田區進行，利用高空作業車(JLG LIFT 600S)將硬體設備載至約15m的高度，並在影像拍攝範圍內佈設50 cm ×30cm的黑色與白色校正板各六塊，作爲進行幾何與輻射校正時的地面控制點。

參、結果與討論

圖1爲所用單色數位相機CCD晶片(TC245)的光譜感應曲線，若以10%的光量子轉換效率爲限，利用此CCD配合適當的窄波段濾鏡，將可用於獲取地表反射光譜介於400-900nm間細微變化的影像。對於藍光與近紅外光區的低光量子轉換效率，可以增大鏡頭光圈的方式，或利用地物與載台均不會有顯著相對位移的優點，以或延長曝光時間的方式拍攝影像。本研究所選用之鏡頭光圈變化範圍介於F1.4 - F16間，相機可程式控制曝光時間介於1msec - 3sec間，田間拍攝經驗顯示並不會造成影像獲取上的困擾。

若仔細觀察田間拍攝的影像中可發現有明暗交替的光環(圖2)，對白板拍攝之影像中明暗光環更爲清晰(圖3)，由於此光環不隨濾鏡旋轉而改變形狀與位置，因此推測此明暗光環可能因濾鏡之金屬鍍膜與鏡片玻璃折光指數不同引起之Thin Lens 效應所造成(Tipler，1982)。對影像中明暗光環的修正方式則是先將影像以式(1)進行標準化處理，以修正每張影像因曝光時間與光圈大小設定不同所產生之差異。

$$DNs = DN + (128 - DNm) \quad (1)$$

其中DNs爲每一像點標準化後的灰度值，DN爲原始影像每一像點之灰度值，DNm爲每張原始影像的平均灰度值。再利用已標準化的白板影像爲修正依據，以差值替代方式進行明暗光環的修正，如式(2)所示。

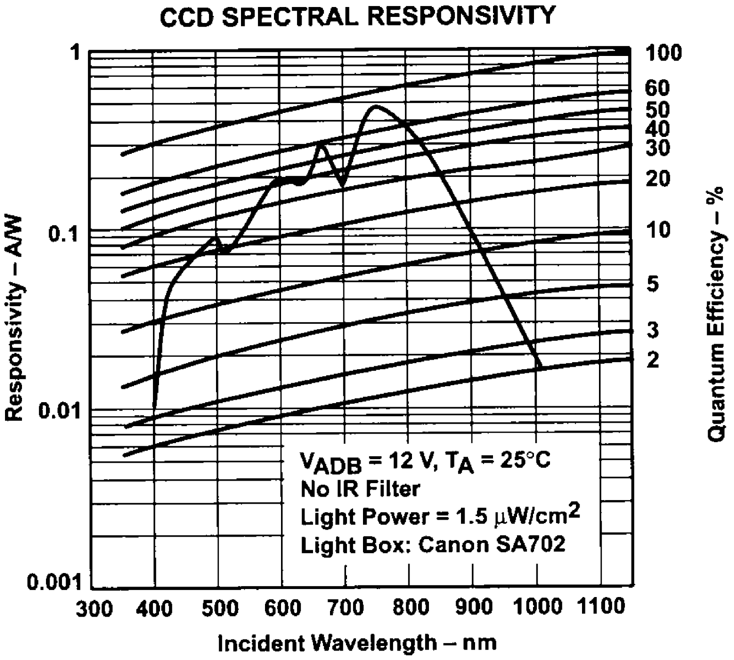

圖1. TC245CCD晶片的感應特性曲線(摘自Texas Instruments，1991)。

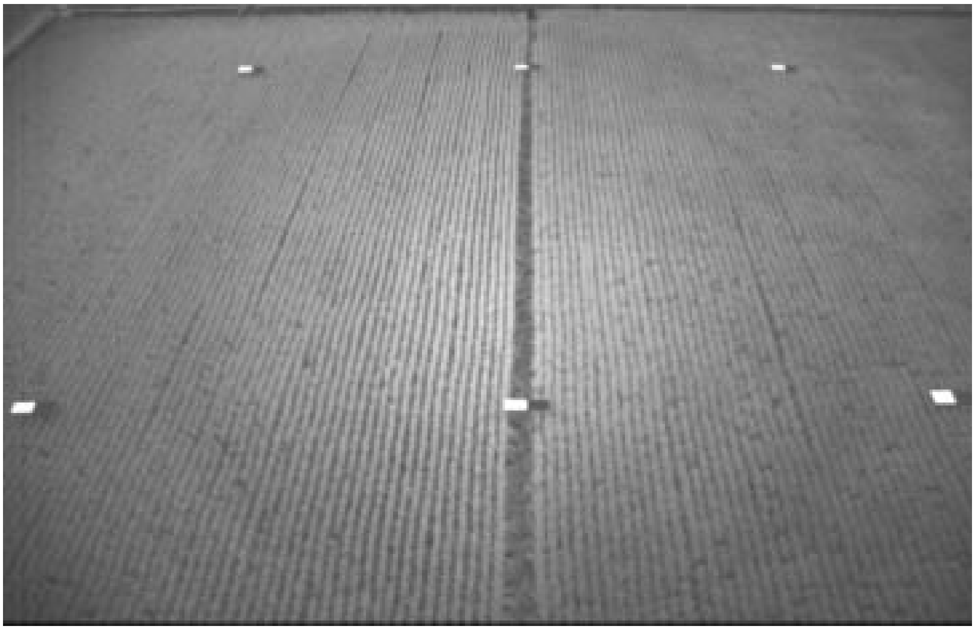

圖2. 田間影像中含有明暗光環。

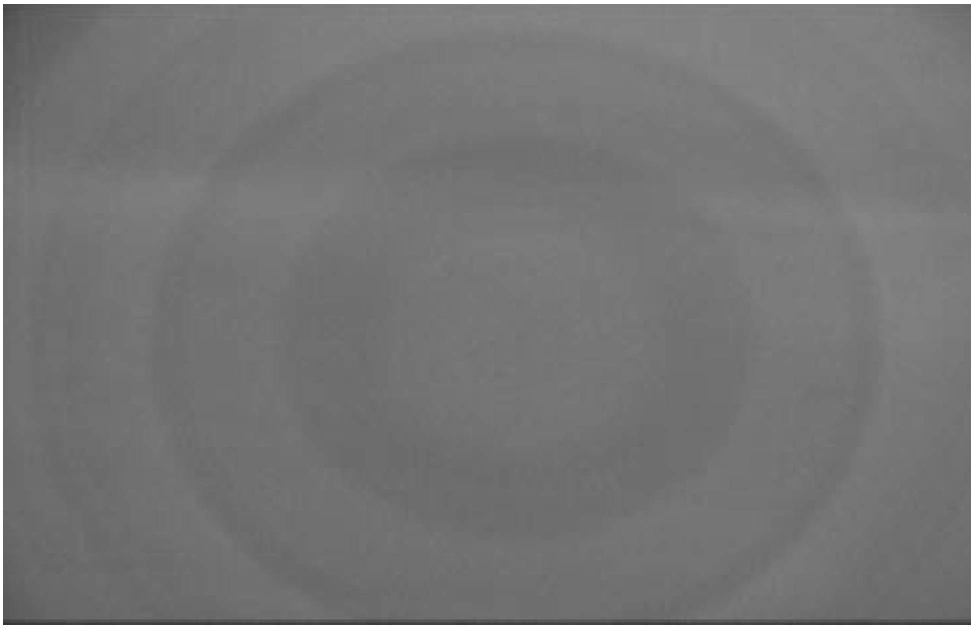

圖3. 明暗光環在白色參考板上更爲明顯。

圖4. 除去明暗光環後的田間影像。

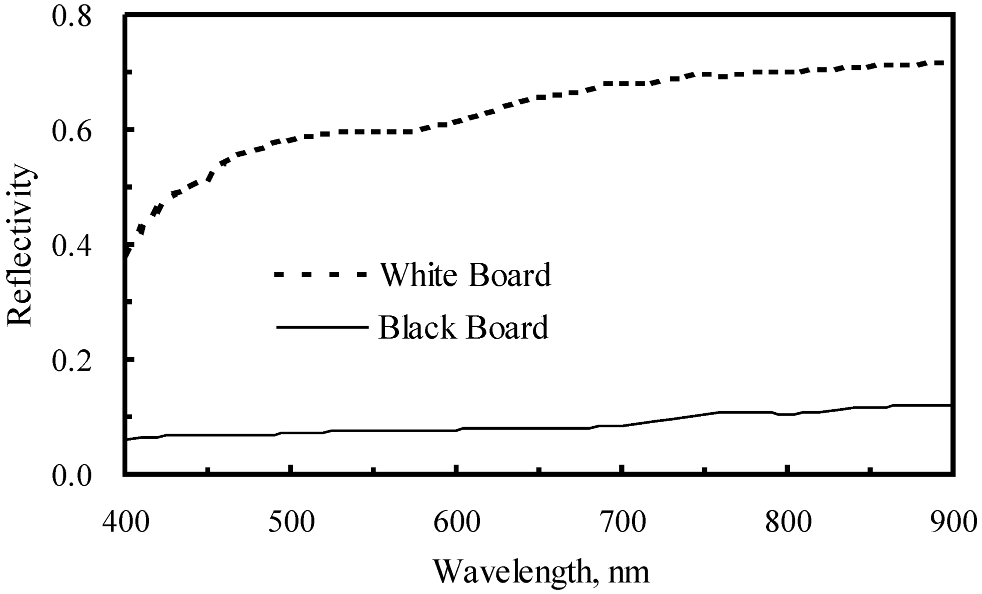

圖5. 白色與黑色參考板的反射光譜曲線。

圖6. 完成反射值校正的田間影像。

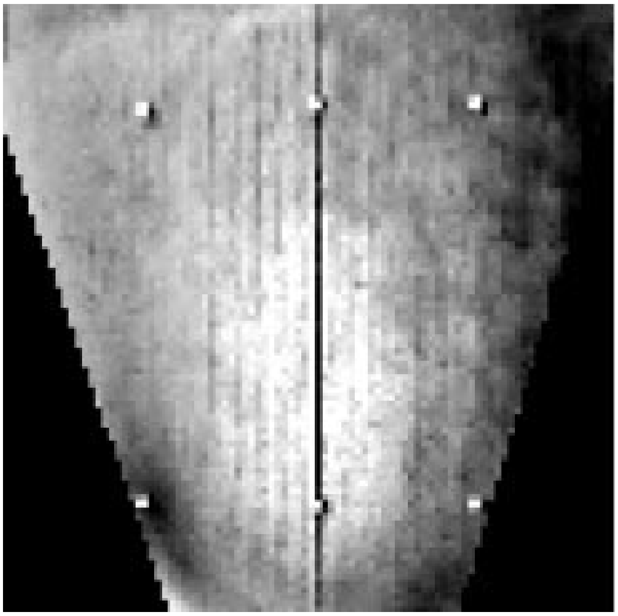

圖7. 完成正射化與重新取樣的田間影像。

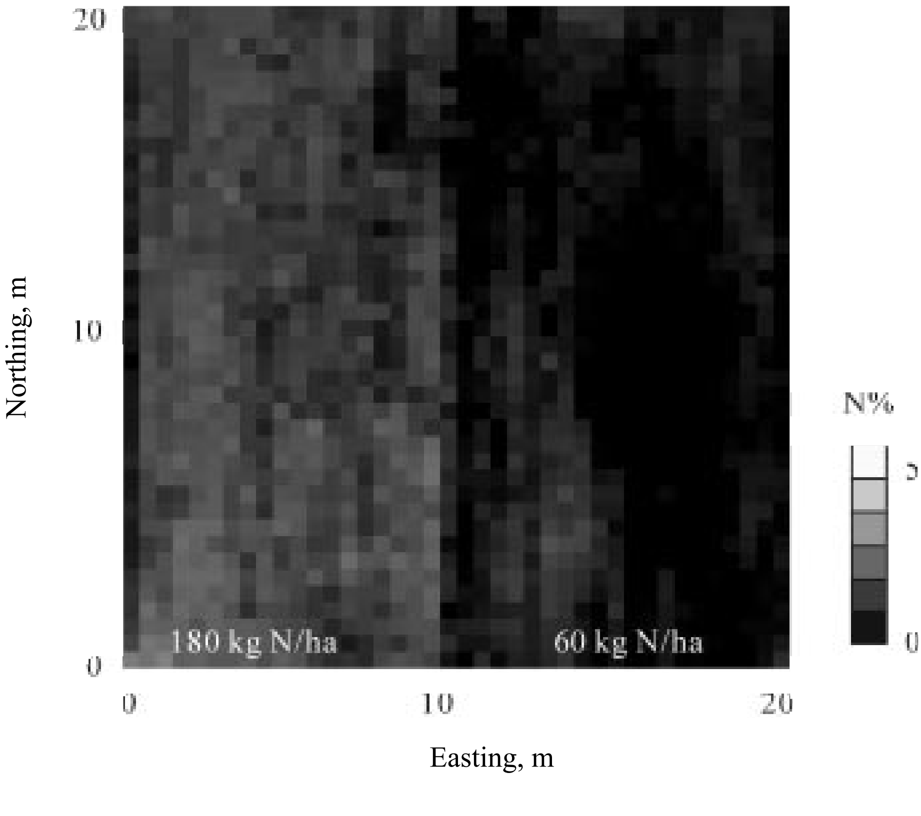

圖8. 田間稻株氮營養狀況的空間分佈。

$$DNsc = DNs + (128 - DNws) \quad (2)$$

其中DNsc爲每一像點明暗修正後的灰度值，DNs爲標準化影像進行明暗修正前每一像點之灰度值，DNws爲標準化白板影像在對應位置的灰度值。圖4爲進行明暗修正後的標準化影像，原有之明暗光環已被消除。利用上述方法進行修正時，最好能先備有幾種不同曝光條件下拍攝的標準化白板影像，才能得到較好的修正結果。

完成明暗光環修正後的標準化影像將進行輻射修正，將影像中的灰度值轉換成爲反射值。此時主要利用佈設於影像中的六組黑色與白色參考板，參考板的反射光譜已先行測定，如圖5所示。理論上由影像中與黑色與白色參考板對應像點的灰度值和實際的反射值間的關係，可以用內差的方式計算影像中各像點對應的反射值。但由於Lens Falloff的效應(Lillesand and Kiefer, 2000)，各參考板的灰度值會隨離影像中心的距離而降低，因此需先就六組參考板的相對位置與灰度值，以最小平方差的方法計算對應之二維二次多項式，再針對影像中各像點，依其座標位置計算理論之黑白板應有之灰度值，再以內插方式將該像點之灰度值轉爲反射值，如圖6所示。由於二維二次多項式之特性，對於超過所用六組參考板範圍外之像點，所計算之反射值的誤差會急劇增加。

完成輻射修正後的影像可利用佈設於地面的控制點進行幾何糾正，將傾斜拍攝之影像予以正射化。此外，由於拍攝每張影像前更換濾鏡的動作，可能造成相機傾角與方位角的些微偏移，因此正射化後的影像需進行重新取樣，使各張影像中的像點都具有相同的座標位置，以便進行後續的運算，如圖7所示。

依據李等(2002)所提出估算稻株氮營養狀況的遙測模式，將完成影像處理後的730nm與740nm影像，進行一次微分等效處理，即可獲得田區中稻株氮營養狀況的空間分佈資訊，如圖8所示。圖中不僅可明顯看出氮肥處理間的差異，也可顯示同一氮處理區中，稻株體內的氮營養狀況仍具有相當程度之空間變異。

以上結果顯示，簡易高光譜影像拍攝系統之研發工作已獲得初步成果，有利於未來將目前發展中有關氮營養、病蟲害、...等遙測模式於田間進行驗證。此外，由於目前所使用之高空作業車並不適宜開出農試所外進行工作，而本系統在發展之初已儘量朝輕量化發展，因此相關地面遙測載具的開發與改良工作也應進行，以便使本系統未來也能用於農試所以外地區，則應用潛力與範圍將可更爲擴大。

肆、引用文獻

1. 申雍、羅正宗、鄭世朋。2000。稻株氮營養狀況遙測技術之建立。中華農業氣象 7:23-32。
2. 李裕娟、張愛華、申雍、章國威、楊純明、羅正宗。2001。稻株氮營養狀態檢測技術。p.95-106。應用於水稻精準農業體系之知識與技術，楊純明、林俊義主編。行政院農業委員會農業試驗所出版，台中縣霧峰鄉。
3. 楊純明、鄭清煥、張義璋、吳志儒。2001。水稻遭受褐飛蝨及稻熱病感染之植被光譜特徵。p.1-12。應用於水稻精準農業體系之知識與技術，楊純

明、林俊義主編。行政院農業委員會農業試驗所出版，台中縣霧峰鄉。

4. Lillesand, T.M. and R.W. Kiefer. 2000. Remote Sensing and Image Interpretation. 4th ed. John Wiley & Sons, Inc., New York. 724pp.
5. Texas Instruments. 1991. TC245. 786-× 488-Pixel CCD Image Sensor. SOCS019A. Texas Instruments.
6. Tipler, P.A. 1982. Physics. 2nd ed. Worth Publ. Inc., New York. 724pp.

10 Development and Application of a Simplified Hyperspectral Imaging System

Yuan Shen[1]* and Yuh-Jyuan Lee[2]
[1] Department of Soil & Environmental Sciences, National Chung Hsing University, Taichung 402, Taiwan, ROC
[2] Department of Agronomy, Taiwan Agricultural Research Institute, Wufeng, Taichung Hsien 413, Taiwan, ROC
E-mail:yshen@nchu.edu.tw

ABSTRACT

Hyperspectral images can provide much more information about crops than multispectral images and are thus more suitable to identify the kind and extent of stress imposed on crops. However, available hyperspectral imaging systems were mainly designed for airborne purposes. Many local precision agriculture research requiring hyperspectral images were hindered due to unavailability of any hyperspectral imaging systems. The purpose of this study was to build a simplified hyperspectral imaging system which could be mounted on ground carriers to acquire needed hyperspectral images for precision agriculture related studies. The developed system was composed of an Electrim EDC-1000L Monochrome CCD, a Canon PHF6 1.4 Lens, a set of Andover Bandpass Filters, and an Advantech PCA6145L Single board computer. Lvesa, a driver bundled with the Electrim CCD, controlled the image taking process. Imaging processing afterwards were mainly handled by self-written programs. Currently, the system was mounted on a mobile life allowing images taken at 15m above ground. With differential equivalent image processing, field images taken at 730 and 740nm depicted the nitrogen effect applied. This is just one illustration of the usage of the developed system.

Key words: Hyperspectral image, Remote sensing, Bandpass filter, Precision agriculture.